Opłata pocztowa ryczałtowa. Nakład 3.600 egz.

Nr. 1. Warszawa, dnia 25 stycznia 1932 r. Rok X.

TECHNIKA CIEPLNA

Czasopismo Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie

Oficjalny Organ Polskiego Komitetu Normalizacyjnego dla Spraw Kotłowych

Uprzejmie prosimy

o wznowienie

prenumeraty

na rok 1932.

№ 1. Warszawa, 25 stycznia 1932 r. Rok X.

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIĘKNA 32, m. 12. TEL. 8-81-47.

GODZINY BIUROWE: REDAKCJI—PIĄTKI, OD 18 DO 20, ADMINISTRACJI—CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

Dr. W. AMANN.

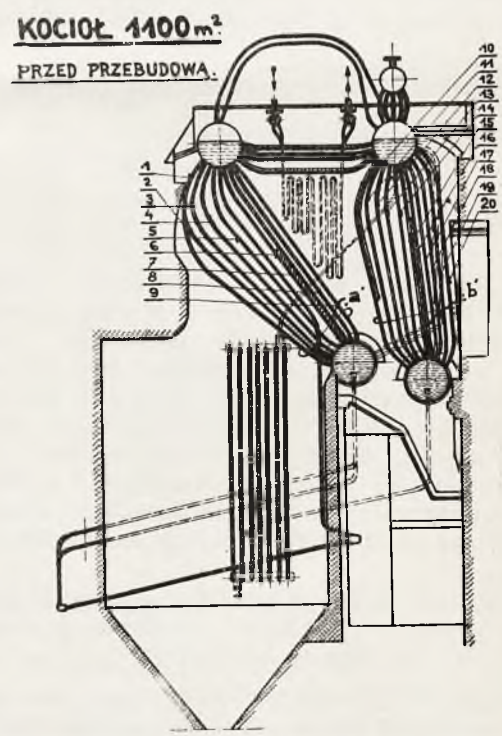
KOROZJE W OPŁOMKACH KOTŁÓW WODNORURKOWYCH

Poniżej omawiane są trudności ruchowe 5 kotłów o ciśnieniu 30 *atn*. Wskutek niedostatecznej cyrkulacji wody pojawiły się po niedługim okresie pracy w pewnych szeregach opłomek korozje, spowodowane dysocjacją pary wodnej. Mimo różnych środków zaradczych nie można było rozwoju korozji opanować i dopiero gruntowna przebudowa umożliwiła równomierny ruch kotłów.

W Zakładach Elektro zainstalowano w roku 1928, łącznie z dwoma turbogeneratorami o mocy 40 000 *kVA*, cztery kotły na pył węglowy, czterowalczakowe, stromorurkowe, każdy po 1.100 m^2 powierzchni ogrzewalnej, 30 *atn*, 410°C przegrzania. Jak wynika z rysunku 1 komora paleniskowa posiada ruszt granulujący oraz tylną ścianę całą a boczne częściowo wyłożone rurami chłodzącemi. Kotły nie posiadają ekonomizera, natomiast zaopatrzone są w podgrzewacze powietrza. Jednocześnie zainstalowano 5-ty kocioł wodnorurkowy, również czterowalczakowy, o pow. ogrz. 650 m^2, 30 *atn*, 410°C przegrzania z ekonomizerem i rusztem posuwowym z poddmuchem (rys. 2).

Pierwszy kocioł uruchomiono w połowie stycznia, drugi w końcu tego miesiąca, trzeci w połowie lutego, a czwarty w końcu marca 1929 roku; wreszcie piąty kocioł z rusztem mechanicznym uruchomiono w końcu września 1928 roku.

Z wykresu (rys. 3) widzimy, że w ciągu 4.000 godzin pracy, trzeba było kotły kilkakrotnie unieruchamiać. W szeregach od 1-go do 4-go pojawiały się wypukliny, które często prowadziły do pękania rur. Po rozcięciu uszkodzonych rur okazało się, że rury te z powodu niedostatecznego oczyszczania wody zasilającej pokryte są wewnątrz warstwą kamienia kotłowego od 0,5 do 1 *mm* grubości. W pierwszych bowiem miesiącach po uruchomieniu nowej instalacji nie udało się



Rys. 1

otrzymać wody zasilającej bez zarzutu, bo z jednej strony pieniły się odparowywacze (destylatory dla wody dodatkowej, ogrzewane parą pobieraną z turbiny), z drugiej zaś strony kondensator jednej z nowych turbin był nieszczelny. Uszkodzenia rur spowodowane

tworzeniem się kamienia kotłowego rozszerzyły się później na tylne szeregi, gdyż z postępem osadzania się kamienia wzrastała temperatura gazów.

W międzyczasie zaopatrzono odparowywacze wody zasilającej we wspólny zbiornik pary — oddzielacz tangencjalny, co zupełnie uniemożliwiło porywanie wody surowej. Rury kondensatora, w których na skutek błędu fabrykacyjnego po krótkim stosunkowo czasie pracy nastąpiło zniszczenie powłoki cynkowej, wymieniono, tak iż od listopada 1929 roku posiadano już wodę zasilającą o następujących właściwościach. Całkowita twardość wody zasilającej wyrażona w *mg* CaO/litr:

Średnio	Maksym.	Minim.
2,2	3,6	1,3

W kotle (wartości przeciętne miesięczne z kotłów wysokoprężnych):

		Bé°	Na_2CO_3 mg/l	$NaOH$ mg/l	Liczba alkaliczn.	Osad mg/l
Listopad	1929	0,10	136,0	250,0	280	54,0
Grudzień	"	"	516,0	306,5	437	90,8
Styczeń	1930	"	111,2	377,7	402	76,2
Luty	"	"	86,8	383,8	403	117,6
Marzec	"	"	100,5	442,2	464	64,9
Kwiecień	"	"	130,2	433,0	462	107,6
Maj	"	"	137,5	402,0	432	82,7
Czerwiec	"	"	110,0	479,5	503	71,1
Lipiec	"	"	105,2	463,2	486	36,5
Sierpień	"	"	150,2	414,5	447	55,1
Wrzesień	"	"	145,5	433,2	465	53,5
Październik	"	"	174,5	437,7	476	36,6
Listopad	"	"	102,0	466,0	489	35,3
Grudzień	"	"	111,2	444,5	469	25,3
Styczeń	1931	"	112,7	464,0	489	26,8
Luty	"	"	129,5	453,5	482	23,5
Marzec	"	"	116,0	463,5	489	25,2
Kwiecień	"	"	114,0	486,0	511	25,8
Maj	"	"	105,7	428,5	452	21,4

Najwięcej uwagi poświęcono usunięciu z rur kamienia kotłowego, w celu pozbycia się możliwości tworzenia wypuklin. Ponieważ mechaniczne czyszczenie rur nie dało pożądanego wyniku, dodano przeto do wody zasilającej Na_2HPO_4 z odpowiednim dodatkiem alkalij. Tą drogą chciano usunąć z wody zasilającej pozostałą twardość w formie nierozpuszczalnych fosforanów ziem alkalicznych, oraz rozpuścić istniejący osad kotłowy[1]).

Dozowanie fosforanu było utrzymane w ilości 25 *mg* P_2O_5 na litr wody, przyczem oddzielanie się kamienia kotłowego od ścianek następowało stosunkowo szybko. Po utworzeniu kotła znaleziono w dolnym walczaku nagromadzony szlam i odłupany kamień kotłowy w formie płytek.

Szlam przed dodaniem fosforanu do wody posiadał skład następujący:

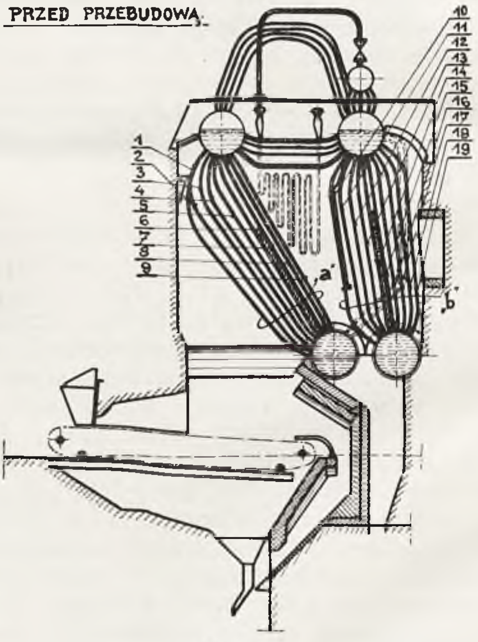
Strata przez wyżarzenie	26,4%
S_iO_2	1,9%
Fe_2O_3	20,4%
C_aO	3,5%
M_gO	45,1%
SO_3	2,0%

a po dodaniu:

Strata przez wyżarzenie	19,8%
S_iO_2	5,1%
Fe_2O_3	17,1%
C_aO	20,3%
M_gO	25,2%
SO_3	2,9%
P_2O_5	8,7%

KOCIOŁ XII 650 m²

PRZED PRZEBUDOWĄ



Rys. 2

Ponieważ rozpuszczanie kamienia kotłowego miało przebieg zadawalniający, a jakość wody zasilającej można było bez przeszkód utrzymać z dostateczną alkalicznością, spodziewano się, że kotły będzie można utrzymać w ruchu bez przerw przez dłuższy czas.

¹) Por. Iron and Steel Engineer 1924 str. 312. „Vom Wasser" tom 2 1928 str. 109 Splittgerber. Bulletin of the University of Illinois 1928 str. 177 Paar & Straub.

„Die Wärme" 1929 str. 225 Marguerre.

Journal of Industrial and Engineering Chemistry 1929 str. 829.

The Power Engineer 1930 Nr. 25 str. 343/45. V D I 1930 zeszyt 330 Berl und van Taack.

„Die Wärme" 1930 str. 881 Haendeler.

Mitt. d. Ver. d. Grosskesselbesitzer 1930 str. 46 Quack
" " " " " " 48 Bluntschli
" " " " " " 37 Seyb
" " " " " " 253 Schmid
" " " " Nr. 23 " 69 Seyb
" " " " " 20 " 15 Splittgerber
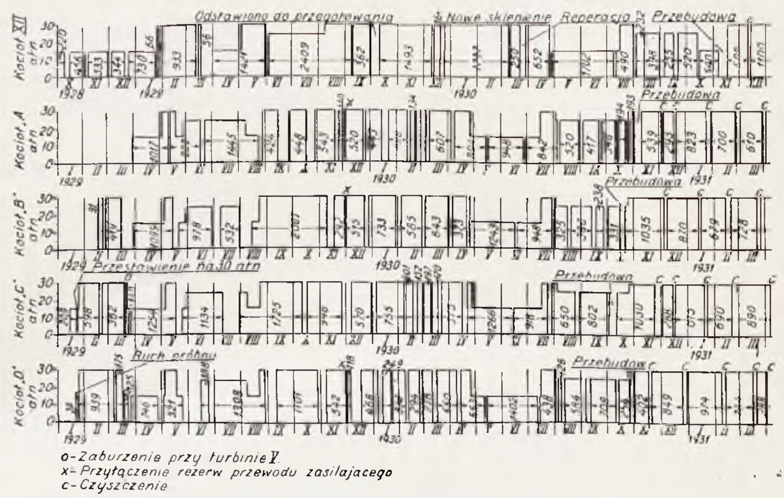
Chem. Zeitung 1930 str. 1008 Referat
" " 1931 " 58 & 325 Koeppel
" " " " 427 Splittgerber
" " " " 428 Schilling
„Die Wärme" " " 412 Morawe
" " " " 429 Koeppel.

Pewnego jednak dnia, po około 5200 godzinach pracy, musiano natychmiast zatrzymać jeden z dużych kotłów z powodu znacznej nieszczelności. Podczas oględzin kotła stwierdzono w 9 szeregu (rys. 1) na jednej z rur dziurę.

Początkowo przypuszczano, że nieszczelność ta pozostaje w związku z dmuchawką do usuwania popiołu lotnego jaka się przy tej rurze znajdowała, albo że defekt był spowodowany złą jakością materjału. Niebawem jednak musiano wszystkie pozostałe kotły kolejno wyłączać z ruchu z powodu takich samych nieszczelności; we wszystkich wypadkach nieszczelności znajdowały się w 9-tym szeregu rur, w części najmocniej ogrzewanej powyżej przegrody spalinowej widocznej na rys. 1. Wszystkie wymontowane z 9-tych szeregów rury wykazywały tylko małe otwory; po przecięciu natomiast można było stwierdzić na większych powierzchniach we wszystkich wypadkach w miejscach krytycznych znaczne osłabienie grubości ścianki do 1 *mm* i mniej. Osłabienia materjału znajdowały się prosto padle do kierunku prądu spalin, zprzodu i ztyłu rury posiadały pełną grubość ścianek (por. rys. 4) — w tych miejscach były bezwątpienia chronione przed wysoką temperaturą osiadającym popiołem lotnym.

Jak widać z tabeli I[1]) opisane zjawiska zachodziły w krótkich odstępach czasu we wszystkich czterech kotłach opalanych pyłem i wkrótce przybrały katastrofalne rozmiary. Rury w 9-tym szeregu dość często pękały, na długości około 30 *cm*, tak że kocioł w jednej chwili tracił wodę. Zjawiska te przesuwały się później do przodu do 8-go i 7-go a nawet i 6-go szeregu rur (por. rys. 1) Dużą ilość rur można było wymienić jeszcze przed powstaniem nieszczelności względnie pęknięciem, gdyż przez opukiwanie można było poznać osłabienie ścianki po odmiennym dźwięku.

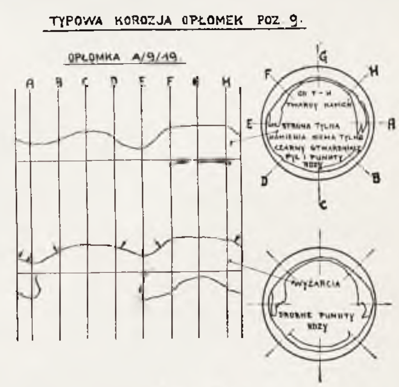
Najpierw nasunęło się przypuszczenie, że powstające zjawiska powoduje dodatek fosforanu. Przez rozluźnienie kamienia kotłowego wskutek działania fosforanu powstają puste przestrzenie między ścianką rury a warstwą kamienia, w których przy pewnych okolicznościach może powstać rozkład pary. Uwzględniając to przypuszczenie, z początkiem stycznia wstrzymano zupełnie dodawanie fosforanu oraz przystąpiono do częstego badania zawartości tlenu w wodzie kotłowej: kondensat mierzony przy maszynach zawierał przeciętnie tylko 0,03 *mg/ltr* a w przewodzie zasilającym omawianych 4 dużych kotłów stwierdzono średnio 0,05 *mg* tlenu na litr. Z powyższego wynikało, że korozyj w zagrożonych szeregach w żadnym razie nie można było wytłumaczyć nadmierną za-



Rys. 3

wartością tlenu w wodzie zasilającej, bo jak wiadomo zawartości do 0,1 *mg* 0_2 litr w ogólności nie można uważać za niebezpieczną[1]).

Optyczne pomiary temperatury wykazały, że prąd gazów płynący przed wziernikami



Rys. 4

przy 9-tym szeregu rur posiadał średnio temperaturę 900°C.

Przypuszczano więc, że 9, 8 i 7 szeregi rur pracowały różnie: raz jako rury wznośne, drugi raz jako opadowe, tak że warunki cyrkulacji nie były jednoznacznie określone. Opadający prąd wody mógł wstrzymywać pęcherze pary, które stykały się ze ścianką zbyt długo, tak że przy istniejącem silnem opala-

[1]) Por. str. 4, 5 i 6.

[1]) Por. Splittgerber „Vom Wasser". Tom 2 1928 str. 109. Ver. der Grosskesselbezitzer „Kesselbetrieb" 2-gie wydanie str. 107.

TABELA I.

KOCIOŁ „A“. PĘCZEK „a“.

Rząd opłomek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1			d a	d	d	d	d	d	d																																			
2						e	e	e	e	e	d		f	e	f			e	d	d																								
3								e			e					e		d	d	e	e		e	e											e									
4									e		e	f	e	e	e				e		e		f	g	e	g																	m	
5																																												
6	g e	g e	m											m												m			m	m						m								
7																		f									i	i																m
8														g	g			f	f	f											i				h									m
9									f	k	l						f	f f	f	f	f			l	f f	f b d	g a d	g					l	l	f f	l	l	l						

KOCIOŁ „B“. PĘCZEK „a“.

Rząd opłomek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	42	44
1				f	f	e c	e c	e c	e c																																			
2													g																															
3																																												
4																							g																					
5																																												
6																																												
7		i											l	m	m	h	h	i d	i			i	i	i	i	m		i	i			n	i											
8																													m		m													
9	g	g	g	g	g	g	g	f	g	g	g b	f	g	g	g	g	g e	g e	g	f c e	g	g	g	f	g	g b	g b	g b	g	m		f				h								

Opłomka	Godziny ruchu do wymiany
a	— 1000
b	1000 — 2000
c	2000 — 3000
d	3000 — 4000
e	4000 — 5000
f	5000 — 6000
g	6000 — 7000
h	7000 — 8000

Opłomka	Godziny ruchu do wymiany
i	8000 — 9000
k	9000 — 10000
l	10000 — 11000
m	11000 — 12000
n	12000 — 13000
o	13000 — 14000

TABELA I (c.d.)

KOCIOŁ „C". PĘCZEK „a".

Rząd opłomek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1			g	g	f	f	f	f	f	f																																		
2					g		g	g	g	g a	g		f			g	g																											
3										g				g	g					g			g																					
4																																												
5																			i																									
6																																												
7									n	n		n	i	i		i	i	i	i	g			n	i	n	n		k	n			n	n				n	n						
8																				m				i											m			m						
9													h					h f	g b a c	g b b c	h			i	h										h e									

KOCIOŁ „D". PĘCZEK „a".

Rząd opłomek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1		e	e	e	e	e	e	e	e																																			
2		e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e		e																											
3																						f		f																				
4									f		f		f		f		f				f		f		f		f	i	i					i										
5																																												
6								n		n			n		g							n			n	n		n				n												
7							g	g f	g	h	h	g	g f	n	h	h	h	h	g	g f	i	i e	h	h	h f	h	h	i	h a	h	n	h	i	i	h e		n	n						
8																n	n	f g	f	g	g	i	h			f					n													
9				g					h e	h	f c						f b	f b	g a	f b	f b	g c	f		n	f c	g a	h		h		g		g	n	h	f	f						

Opłomka	Godziny ruchu do wymiany
a	— 1000
b	1000 — 2000
c	2000 — 3000
d	3000 — 4000
e	4000 — 5000
f	5000 — 6000
g	6000 — 7000
h	7000 — 8000

Opłomka	Godziny ruchu do wymiany
i	8000 — 9000
k	9000 — 10000
l	10000 — 11000
m	11000 — 12000
n	12000 — 13000
o	13000 — 14000

TABELA I (dok.)

KOCIOŁ „XII". PĘCZEK „a".

Rząd opłomek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1											m																					
2										m																						
3																					m											
4																					m											
5																					m											
6																					m											
7	p b	p b	p b	p b	p	p b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a b	p a	p a b	p a b	p a	p a b	p a b	p a	p n	p n	p n	p	p
8	p	p	p	p	p	p	p	o b	p a	p	p	p	p a	p	p	p	p a a	p a	p	p	p	p	p	p	p a	p	p	p a	p a	p	p	p
9	p	p	p	p	p	p a	p	o b	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p a	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p a	p a	p	p	p

Opłomka	Godziny ruchu do wymiany
a	— 1000
b	1000 — 2000
c	2000 — 3000
d	3000 — 4000
e	4000 — 5000
f	5000 — 6000
g	6000 — 7000
h	7000 — 8000

Opłomka	Godziny ruchu do wymiany
i	8000 — 9000
k	9000 — 10000
l	10000 — 11000
m	11000 — 12000
n	12000 — 13000
o	13000 — 14000
p	14000 — 15000

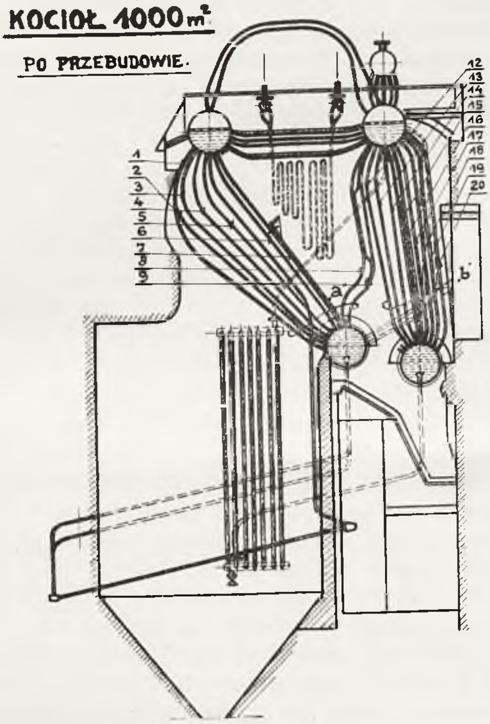
niu możliwa była reakcja $3\ Fe + 4\ H_2O = Fe_3O_4 + 4\ H_2$ (rozkład pary [1]).

Ażeby uniknąć możliwości zbyt silnego wytwarzania pary, przy niedostatecznem wewnętrznem chłodzeniu rur, spróbowano najpierw osłabić opalanie szeregów od 6 do 9; jako prowizoryczny środek zapobiegawczy zastosowano izolowanie zagrożonych rur przez nałożenie szamotowej warstwy ochronnej odpowiedniej grubości. Początkowo wydawało się rzeczywiście, że środek ten przedłuży pracę kotła. Gdy jednak po kilku dniach w jednym z kotłów mimo osłony torkretowej znów powstało groźne pęknięcie rury w 9-tym szeregu, uzasadnione było przypuszczenie, że spadek temperatury spowodowany warstwą izolacyjną nie jest dostatecznie duży, aby zapobiegł powstawaniu korozyj. Ponieważ kotły były mniejwięcej 6,000 godzin w ruchu, licząc od chwili uruchomienia do powstania korozyj, spowodowanych dysocjacją pary w szeregach od 9—6 wydawało się, iż dla utrzymania ruchu pożądane byłoby utworzyć pierwotny stan, t. zn. zaopatrzyć kocioł w osad kamienia, który pozornie chronił żelazo przed działaniem tlenu pochodzącego z rozkładu pary. Oczywiście warstwę ochronną należało wprowadzić tylko do zagrożonych rur, gdyż w przeciwnym razie w przednich szeregach znów powstałyby wypukliny wskutek kamienia. Po uprzednich wstępnych próbach szeregi od 6—9 zatkano korkiem drewnianym w dolnym końcu, a z góry wlano mleko boksytowo-cementowe (Bauxitzementmilch). Po krótkim czasie wybito owe korki i wspomniany rozczyn usunięto. W ten sposób udało się szybko wytworzyć gęsty i twardy osad

[1]) Por. Journal of the American Water Works Association, paźdz. 1929. Münzinger „Das Kraftwerk" styczeń 1930, str. 28. Mitt. d. Ver. d. Grosskesselbesitzer nr. 25, str. 27. Mitt d. Ver. d. Grosskesselbesitzer 1930, nr. 27, str. 132.

kamienia. Pozatem w górnej części rur (1/3 długości) odnowiono izolację zewnętrzną torkretową, ażeby o ile możności uniknąć tworzenia się wypuklin.

Kotły uruchomiono. Pracowały bez przeszkód. Pewnego jednak dnia stwierdzono w wodzie kotłowej obecność aluminjum; okazało się że przy ciśnieniu 28 *atm* istniejąca alkaliczność stosunkowo szybko rozkłada cement boksytowy, z którego powłoka jak stąd widać nie zastępuje kamienia kotłowego. Wobec tego należało się liczyć z nowym unieruchomieniem kotłów. I rzeczywiście w krótkim czasie musiano zatrzymać wszystkie cztery kotły jeden po drugim, wypadło na-



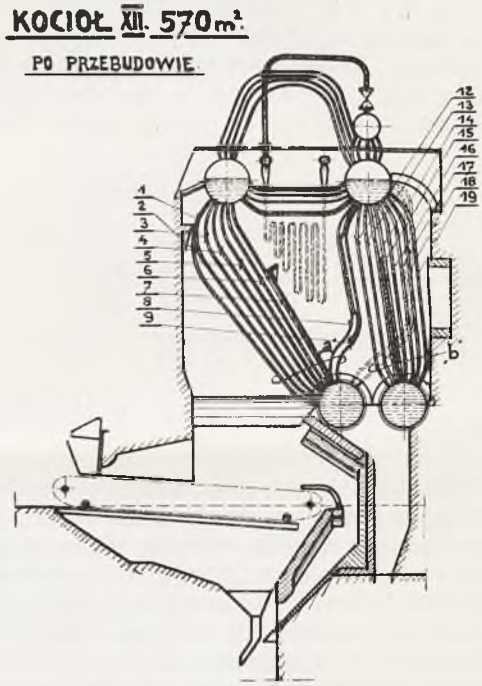
Rys. 5

wet unieruchomić odrazu dwa kotły. Aby umożliwić ruch choć w pewnej mierze, obniżono przejściowo ciśnienie. Zabieg ten pozwolił na dłuższy okres pracy kotłów; prawdopodobnie przy zmniejszonem ciśnieniu ustala się bardziej określona cyrkulacja, tak że wytwarzające się pęcherze pary mogą łatwiej odpływać.

W kilka dni po obniżeniu ciśnienia nagle uległy zniszczeniu rury 9 szeregu 5 go kotła, który jak wspomniano poprzednio, posiada ruszt posuwowy, a komora paleniskowa nie ma rur chłodzących (por. rys. 2 i tab. I „kocioł XII“).

W kotle tym mimo identycznej konstrukcji istnieją całkiem odmienne warunki cyrkulacyjne i obniżenie ciśnienia tutaj dało prawdopodobnie wręcz odmienny obieg wody: rury wznośne stały się opadowemi i naodwrót.

Gdy wszystkie wyżej opisane zabiegi nie dały pozytywnego wyniku, było jasne, że ruch kotłów w tych warunkach jest niemożliwy. Wyłoniła się więc konieczność przebudowy kotłów, którаby przy różnych obciążeniach i ciśnieniu gwarantowała jednoznacznie określone warunki cyrkulacyjne. Rodzajowi przebudowy poświęcono wiele uwagi; starano się dociec istotnej przyczyny korozyj na podstawie poczynionych badań, obserwacyj i pomiarów. Ciekawe, że w tym czasie zjawiły się także w innych elektrowniach z kotłami wysokoprężnemi podobne trudności [1]). Różni rzeczoznawcy rozwijali różne teorje co do powstawania korozyj w nieob-



Rys. 6

serwowanych dotychczas rozmiarach. Między innemi kwestjonowano możliwość dysocjacji pary wodnej w danych warunkach, tłumacząc, że reakcje między żelazem a parą mogą się odbywać tylko w obecności miedzi, którą w niektórych wypadkach znaleziono w większych ilościach.

I rzeczywiście analizy osadów znalezionych w wyżartych rurach omawianych kotłów wykazały również obecność miedzi przeważnie w nagromadzonych gniazdach w formie tlenku miedzi (w granicach od 8 do 30% *CnO*). Początkowo przypuszczano, że miedź dostaje się do kotła z wodą zasilającą, jednakże codzienne analizy nie wykazały nawet śladów miedzi. Natomiast stwierdzono zawartość mie-

---

[1]) Por. „Chem. Fabrik“ 1931, str. 262 Marguerre
„ „ „ 263 Ziegler
lub „Mitt d. Ver. d. Grosskessilbezitzer“ nr. 32, „Vorträge auf der Hauptversamlung der V. G. B. am 22 April 1931 in Dresden“.

dzi w materjale opłomek, która wynosiła średnio 0,14%. Nawet gdyby reakcja między żelazem a parą wodną doznawała na skutek obecności miedzi znacznego przyśpieszenia katalitycznego, to mimo to nie można zrozumieć dlaczego miedź akurat w 9-tym szeregu rurek sprzyja powstawaniu korozji.

Przedewszystkiem omawiane zjawiska spowodowane są bez wątpienia niedostateczną cyrkulacją w ostatnich szeregach rur przedniego pęczka. Dla zabezpieczenia ruchu należy jednakże przewidzieć takie zmiany, żeby kocioł i przy obecności miedzi był zdatny do użytku. Po starannych rozważaniach i obliczeniach powzięto wreszcie decyzję aby 8 i 9-ty szeregi rur z górnego walczaka usunąć, a otwory w walczaku zamknąć pokrywami, które wewnątrz szczelnie zalano elektrycznie. W otwory w dolnym przednim walczaku zawalcowano dolne końce dotychczasowych szeregów 10 i 11-go. Przełożenie 1-go szeregu tylnego pęczka z tylnego dolnego walczaka do przedniego dolnego spowodowały, że najbardziej narażone szeregi rur 8 i 9 znalazły się teraz w spalinach o znacznie niższej temperaturze, tak że rury te działają jako jednoznaczne rury opadowe doprowadzające wodę do przedniego dolnego walczaka (por. rys. 5 i 6).

Konieczność utrzymania ruchu wymagała, aby tę przeróbkę przeprowadzić stosunkowo szybko i to u wszystkich 5-ciu kotłów kolejno, bez czekania na wynik przebudowy po dłuższym okresie pracy jednego z kotłów.

Poczynione rozważania praktyka potwierdziła w zupełności; po dokonanej przebudowie omawianych kotłów nie zjawiły się dotychczas po 15 miesiącach ruchu żadne nieszczelności, można więc uważać, że kotły obecnie pracują bez zarzutu.

Inżynier-metalurg KONRAD KORNFELD.

NOWOCZESNE PIECE DO OBRÓBKI TERMICZNEJ CIĘŻKICH CZĘŚCI[1])

Obróbka termiczna stanowi nieodzowną operację wyrobu części z stali specjalnych, a musiano ją z chwilą wzrostu wymogów przemysłu maszynowego usprawnić i uczynić jak najdokładniejszą. Poznane drogą badań wpływy różnych czynników na przebieg obróbki termicznej i na zjawiska wtórne, jej towarzyszące, wymagały wprowadzenia zmian na warsztatach, zarzucenia wielu przestarzałych urządzeń i wprowadzenia nowych. Z chwilą gdy na warsztacie musiał dawny czarodziej praktyk ustąpić miejsca teoretycznie przygotowanemu i łatwiej doskonalącemu się w pracy nad setkami rodzajów stali hartownikowi, musiano też usunąć i dawny piec, który wymagał lat całych, by poznać jego „zwyczaje", a zastąpić go piecem łatwym do regulowania i ścisłego kontrolowania. Zwłaszcza do obróbki termicznej ciężkich części, ważących więcej od dwustu kilogramów trzeba stosować bardzo równomiernie pracujące i łatwo poddające się kontroli piece, by różnicą temperatury w różnych miejscach dużego przedmiotu nie wywołać zbyt dużych naprężeń wewnętrznych, pociągających za sobą odkształcanie się sztuki, a często i pęknięcia.

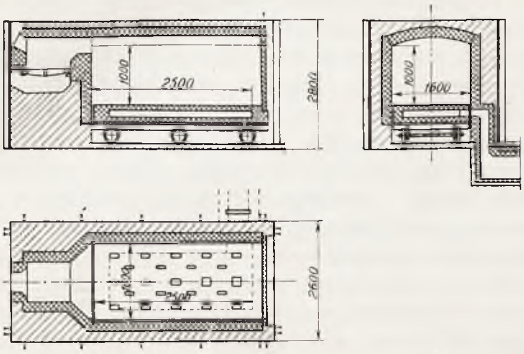
Obok równomierności ogrzania i utrzymania stałej i określonej temperatury, wpływa na obróbkę termiczną łatwość manipulacji ogrzanym przedmiotem. W wypadku określonych warunków stygnięcia stali może być ten ostatni warunek decydującym. Sposób w jaki przedmiot podgrzewany przybiera przepisaną temperaturę jest również czynnikiem wpływającym na końcowe własności, zaś od ułożenia przedmiotu w piecu może zależeć odkształcenie się sztuki, a więc czasem i jej przydatność do dalszej obróbki mechanicznej. Zależnie od rodzaju obróbki termicznej wybiera się piec, a często, gdy stosowane sposoby są bardzo różne, żąda się nawet pieców uniwersalnych do żarzenia powyżej Ac_3 i poniżej Ac_1, a zarazem do hartowania i odpuszczania.

O ile piec służyć ma tylko do wyżarzania, szybsze czy wolniejsze wydostanie przedmiotu z pieca nie ma zbyt wielkiego wpływu na wynik obróbki termicznej. Z punktu widzenia gospodarki opałowej szybkie wyjmowanie przedmiotów należy zalecić, jako mniej ostudzające piec. Również i z punktu widzenia wielkości wytwórczości, szybkie wyciąganie z pieca jest korzystne.

Jeżeli piec ma służyć do hartowania, możność szybkiego wyjęcia przedmiotu stanowi gwarancję, że zanim przedmiot zanurzymy w płynie hartowniczym, temperatura nie opadnie poniżej Ac_3, pomimo, że przedmiotu nie przegrzano. Możność szybkiego rozładowania pieca jest tak ważną zaletą, że zadecydowała

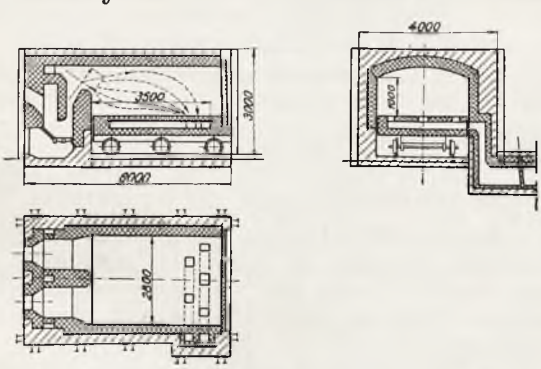
[1]) Referat wygłoszony na V zieździe Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie 9—11 maja 1931 r.

ona o powodzeniu pieca o trzonie wózkowym w hartowniach ciężkich przedmiotów krajów zachodnich.



Rys. 1. Żarzak

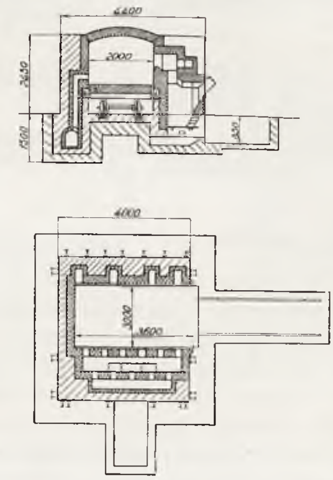
Rys. 1 przedstawia piec o palenisku rusztowem płaskiem i o trzonie wózkowym. Spaliny przedostają się nad przewałem do komory pieca i przez otwory w trzonie wydrążonym wchodzą do komina. Przekrój otworów odciągowych w trzonie wykonywuje się coraz to większy w miarę zwiększania się odległości otworu od przewału, by w ten sposób uzyskać równomierne rozłożenie się temperatury przez równomierne omywanie wsadu spalinami. Odciąganie spalin przez trzon odciąża uszczelnienie wózka względem ścian komory, pozatem pozwala ogrzewać wsad i od dołu. Ciężkie przedmioty trzeba układać bardzo ostrożnie



Rys. 2. Żarzak półgazowy z dwoma paleniskami

na trzonie z drążonych kształtówek, gdyż bardzo łatwo uszkodzić trzon, a z nim i odciąg z pieca. Piec ten do obróbki termicznej bardzo ciężkich części się nie nadaje, gdyż obracanie ich w piecu grozi trzonom, może jednak oddać dobre usługi, jako żarzak części o wadze ok. 100 *kg*, jeżeli mała jego zdolność regulacyjna wystarczy do celów wyżarzania. Do hartowania piec ten nadaje się tylko w wypadku stali o dużej rozpiętości dopuszczalnej temperatury hartowania i to na fabrykach, wyrabiających małe ilości ciężkich sztuk, a nie posiadających dobrze wyszkolonych palaczy. Zużycie paliwa wynosi ok. 15 — 18% wsadu, licząc na węgiel ok. 7000 *cpł/kg*. W wypadku lepiej wyszkolonej obsługi pieca, korzystniej zastosować piec półgazowy, jako czulszy nieco w regulacji.

Rys. 2 podaje szkic żarzaka o dwóch paleniskach półgazowych. Powietrze wtórne wchodzi do pieca nad paleniskiem tuż pod sklepieniem, spala zawarte w spalinach *CO* tuż nad przewałem i kieruje gazy pod sklepienie po łagodnej pochyłości. Za przewałem spaliny rozprężają się i otaczają wsad, poczem uchodzą przez otwory w trzonie i przez boczną ścianę do komina,



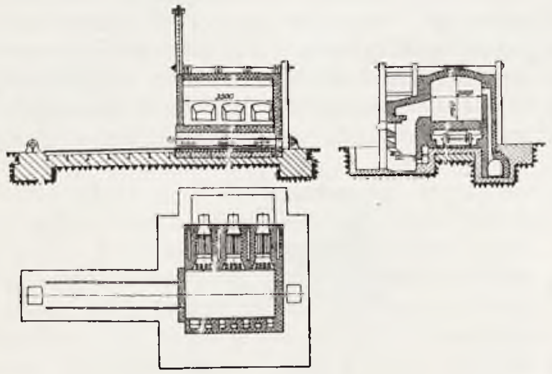
Rys. 3. Żarzak półgazowy

Piec ten służy zasadniczo do wyżarzania, można go użyć do hartowania mniej odpowiedzialnych części, jednak obsługa musi drobnemi dawkami zasypywać węgiel, by uniknąć konieczności ciągłego nastawiania dopływu pierwotnego i wtórnego powietrza. W piecach rys. 1 i 2 można zauważyć różnicę temperatur przy drzwiach pieca i obok przewału; wzrasta ona w takich piecach w miarę wzrostu stosunku długości do szerokości. Piec o palenisku półgazowem wykazuje różnice mniejsze od pieca rys. 1. Ponieważ konstrukcja trzonu nie pozwala na żarzenie bardzo ciężkich części, nierównomierność nagrzewania nie jest w granicach $\pm 20^0$ zbyt wielką wadą.

Bardziej równomierne ogrzanie starano się otrzymać w konstrukcji rys. 3, ustawiając palenisko na dłuższej ścianie pieca. Powietrze wtórne doprowadza się do komory spalania, oddzielonej od przestrzeni roboczej pieca ścianą kratową. Spaliny nabierają w komorze równomiernej temperatury, gdyż tu kończy się proces spalania. Gazy opuszczają komorę, ulatując w kierunku sklepienia, pod którem zawracają i po stronie przeciwległej od paleniska uchodzą przelotami do kanału dymowego i komina. Ponieważ wsad ogrzewa się tylko od góry, trzeba go na trzonie obracać. Wózek trzonowy wykonano dlatego odpowiednio mocno. Wózek jest uszczelniony rynnami z piaskiem. W części pieca pod wózkiem znajdują się

otwory, któremi przeciąga zimne powietrze, chłodząc dół wózka.

Rys. 4 podaje schemat pieca podobnie pomyślanego, jak poprzedni, jednak pozwalającego na lepszą regulację temperatury przez ewentualne kończenie procesu spalania w samym piecu. Kierując w różny sposób bieg



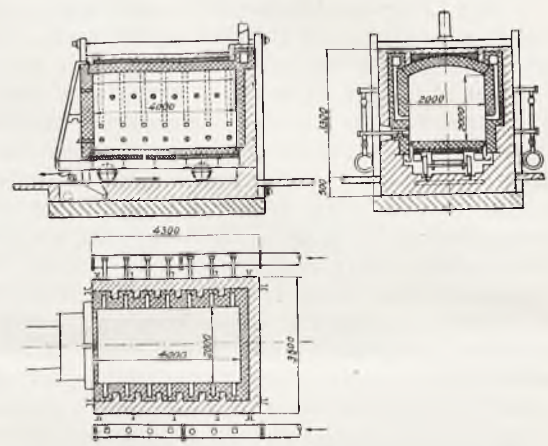
Rys. 4. Żarzak półgazowy z trzema paleniskami

każdego z palenisk, możemy przedłużać płomień poza kratę. Spaliny uchodzą do komina siedmioma przelotami, z których cztery leżą tuż nad trzonem, trzy zaś pod sklepieniem. Kombinacją obsługi palenisk i zasuw w przelotach, można w piecu otrzymywać stosunkowo łatwo temperatury 600 — 1000°, z dokładnością $\pm$ 10°, jeżeli się paleniska zasypuje drobnemi dawkami. Piec ten jednak znacznie droższy od podanego na rys. 3.

Piece półgazowe dają się nastawiać na temperaturę znacznie lepiej niż piece o paleniskach rusztowych. W palenisku rusztowem regulować możemy temperaturę ilością spalanego węgla tylko w stosunkowo wąskich granicach i nie bez silnego wpływu na sprawność termiczną pieca. Dalsza regulacja przez zmniejszanie ilości doprowadzanego powietrza drogą dławienia ciągu powoduje, obok pogorszenia sprawności, zmniejszenie się równomierności nagrzania. Piece półgazowe o paleniskach w krótszej ścianie pieca, lub o jednem palenisku regulować można rozdziałem stosunku powietrza pierwotnego do wtórnego, inaczej mówiąc przesuwaniem strefy spalania ilością zarzucanego i gazowanego paliwa oraz nastawianiem ciągu. Ostatni czynnik pozwala w wypadku większej ilości kanałów odciągowych na osiągnięcie równomiernej temperatury pieca. Piec o kilku paleniskach w ścianie dłuższej pieca daje nowy czynnik regulacji pieca przez wyłączanie jednego, lub kilku palenisk i odpowiedniego kierowania powietrza wtórnego i odciągania spalin.

Pieca półgazowego o kilku paleniskach można użyć po odpowiednich próbach regulacji do hartowania i odpuszczania, jednak kontrola pracy musi być bardzo sumienna i ostra. Dokładna regulacja długich pieców o kilku paleniskach jest bardzo utrudniona. Jednostkowy rozchód paliwa w piecach półgazowych wynosi 10 — 14% wsadu i wzrasta ze zmniejszaniem się ilości wsadu.

Palenisko pieca półgazowego działa najsprawniej przy pewnym stałym stosunku powietrza wtórnego do pierwotnego, mniej więcej mianowicie wtedy, gdy powietrze pierwotne wynosi około 60% ogólnej ilości powietrza, liczonego z około 20% nadmiarem w stosunku do ilości węgla. Ilość paliwa nie może spaść poniżej ok. 60% maksymalnego zasypu, gdyż wtedy palenisko przestaje działać jako półgazowe w sensie wytwarzania krótkopłomiennego gazu palnego. Z tego powodu szerokie granice regulacji temperatury pieca okupuje się spadkiem równomierności nagrzania pieca i spadkiem jego sprawności. Z powiększeniem ilości palenisk granice regulacji temperatury rozszerzają się, jednak



Rys. 5. Piec hartowniczy na gaz sprężony

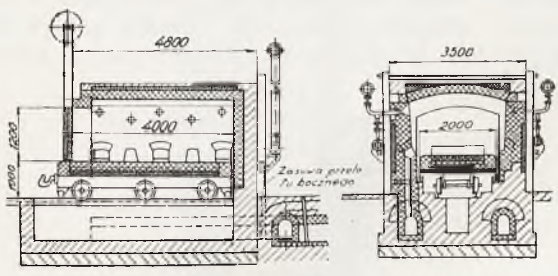
rośnie trudność obsługi tak, że pieców opalanych bezpośrednio paliwem stałem należy używać zasadniczo tylko do wyżarzania.

Jeżeli wytwory ma się poddawać ulepszaniu ze względu na stawiane wysokie wymogi jakości tworzywa, musimy oddać pierszeństwo piecom gazowym, a w braku gazu, ropnym.

W obu wypadkach konstrukcje pieców są do siebie podobne, różnią się natomiast palniki w zależności od wartości opałowej paliwa. Najczęściej pracują piece gazowe sprężoną mieszanką z powietrzem lub sprężonym gazem, wciągającym powietrze z zewnątrz do palnika. Rys. 5 przedstawia piec gazowy na gaz sprężony, zasysający powietrze do palnika. Temperaturę reguluje się wyłączaniem częściowem 26 palników i zmniejszaniem ciśnienia gazu. W wypadku opalania tego pieca gazem czadnicowym o wartości opałowej ok. 1400 $cpł/m^3$ ciśnienie maksymalne gazu wynosi 1000 *mm* st. wody i pozwala ogrzać piec do ok. 1000°C. Spaliny uchodzą z pieca odlotami w ścianach bocznych do kanałów zbiorczych, a z nich do małego komina z zasuwą. Drzwi pieca są

umocowane na wózku, który wyciąga się liną, a wstawia ciągnąc linę przerzuconą przez krążek „a“.

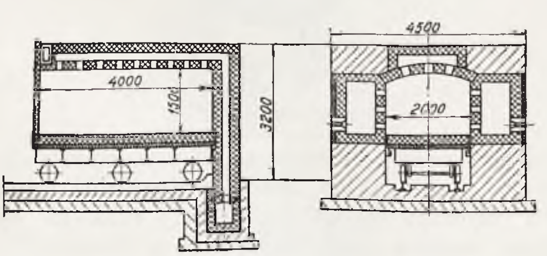
Piec posiada sklepienie i wózek izolowane celem podniesienia sprawności. Zużycie gazu wynosi ok. 300 — 400 m^3/t, co przeliczone na zużycie węgla na wytwarzanie gazu wynosi 7,5 do 9,5% wsadu. Regulacja pieca działa w granicach 600 do 1000° sprawnie i z dokładnością do ± 10°, gorzej nieco w zakresie 400 — 600°. Wyłączenie większej ilości jak 10 — 12 palników powoduje nierównomierne nagrzanie się pieca, silne zaś obniże-



Rys. 6. Piec hartowniczy

nie ciśnienia gazu, zmniejsza stosunkową ilość zasysanego powietrza, a tem powoduje niezupełne spalanie się. Stałe utwierdzanie drzwi na wózku trzonowym ma na celu oszczędzenie kosztów windy. Promieniowanie drzwi utrudnia bardzo pracę i odcina dostęp do wózka z jednej strony, tak, że tego szczegółu nie można uważać za korzystny.

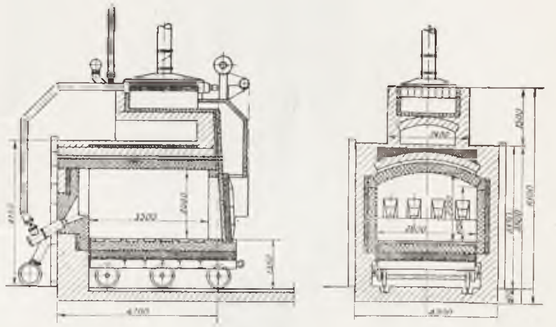
Rys. 6 podaje konstrukcję pieca o palnikach z dopływem ściśnionego gazu i powietrza. Palniki są skierowane ku sklepieniu, pod którem odbywa się koniec spalania, poczem odciąga się gazy odlotami, położonemi tuż nad trzonem. Każdy z odlotów posiada zasuwę podobnie jak i oba kanały zbiorcze po bokach pieca. Temperaturę tego pieca regulować można w granicach 500 — 950°



Rys. 7. Piec hartowniczy z komorą spalania

ciśnieniem doprowadzonego gazu i powietrza, przyczem przeskakiwanie płomienia jest wobec braku ssania niemożliwe. Równomierność nagrzania osiąga się większą od ± 10°, a reguluje się ją ustawianiem zasuw w odlotach, kanałach zbiorczych i czopuchu. Ściany pieca, sklepienie i spód wózka są izolowane. Zużycie paliwa wynosi ok. 8% wsadu podczas hartowania, zaś ok. 6% na odpuszczanie.

Rys. 7 podaje piec z komorami spalania. Piec ten reguluje się normalnie przez dławienie niskoprężnego gazu i powietrza i dzięki temu nadaje się on do pracy w zakresie temperatur 600 — 900°. Przez stosowanie komór spalanie i odprowadzanie gazów przez sklepienie, równomierność ogrzania jest bardzo duża. Osłabione jednak licznemi otworami sklepienie wymaga częstych reperacyj, wykonane zaś jako bardzo grube jest kosztowne i utrudnia przez akumulację ciepła zmianę temperatury pracy pieca.



Rys. 8. Piec hartowniczy (rekuperatywny) na gaz sprężony

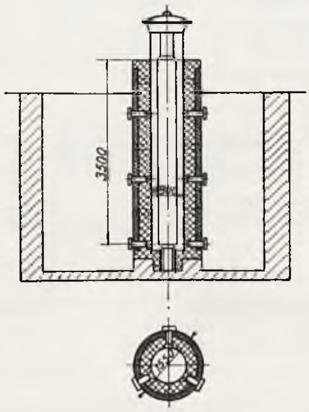
Rys. 8 przedstawia rekuperatywny piec hartowniczy z palnikami smoczkowemi (inżektorowemi). Sprężony do ok. 1000 *mm* słupa wody gaz ssie z przewodu powietrze. Spaliny przechodzą piec wzdłuż i uchodzą przebijając się przez drzwi pieca do komory, połączonej z kominem. W górze komory wbudowano stalowy ogniooodporny rekuperator, połączony przewodem z palnikiem. W przewód gorącego powietrza uchodzi przewód połączony z zimnem powietrzem, oprócz tego jest rekuperator połączony z kominem. Część lub całe powietrze podgrzane można wypuszczać do komina tak, że ma ono wtedy za zadanie wyłącznie chłodzenie rekuperatura. Temperaturę powietrza, doprowadzonego do palnika można regulować dodawaniem zimnego powietrza. Całkowitą ilość powietrza wprowadzanego do pieca reguluje się wspólnym zaworem u wlotu do rekuperatora, a oprócz tego oddzielnie dla każdego palnika, co ułatwia nieco ustalenie równomierności nagrzania komory i długości płomienia. Piec pracuje w zakresie od 700 — 1000° z dokładnością ± 10 do 15°, wymaga jednak bardzo sprawnej i wyszkolonej obsługi ze względu na liczne możności regulacji. Piec jest izolowany bardzo silnie. Zużycie paliwa wynosi 5 — 7% wsadu.

Ogólnie biorąc, możemy piece o trzonie wózkowym podzielić na następujące grupy:

1) Piece o palenisku rusztowem. Ze względu na mały zakres temperatury roboczej, niepewną regulację i niebardzo równomierną temperaturę, piece te nadają się tylko

do wyżarzania i to mniej czułych na obróbkę termiczną średnio ciężkich części;

2) Piece półgazowe o jednem palenisku, lub o paleniskach w dłuższej ścianie pieca. Posiadają stosunkowo mały zakres temperatur pracy i nastręczają trudności w utrzymaniu stałej temperatury. Nadają się do wyżarzania i po doświadczalnem nastawieniu i do hartowania mniej wartościowych rodzajów stali;



Rys. 9. Piec szybowy z palnikami smoczkowemi

3) Piece półgazowe o więcej niż 2 paleniskach. Posiadają zakres pracy, nadający się do przeprowadzenia wyżarzania powyżej Ac_3 i poniżej Ac_1 (lub przy Ac_1), zdolność utrzymania stałej temperatury dość znaczna, lecz ustawianie trudne i koszty zakładowe duże. Pieca użyć można i do hartowania i odpuszczania, lecz pracować trzeba bardzo ostrożnie.

4) Piece gazowe i ropne na paliwo sprężone dają się łatwo nastawić na stałą temperaturę, lecz pracują w wąskim zakresie, jeżeli zasysają powietrze z zewnątrz;

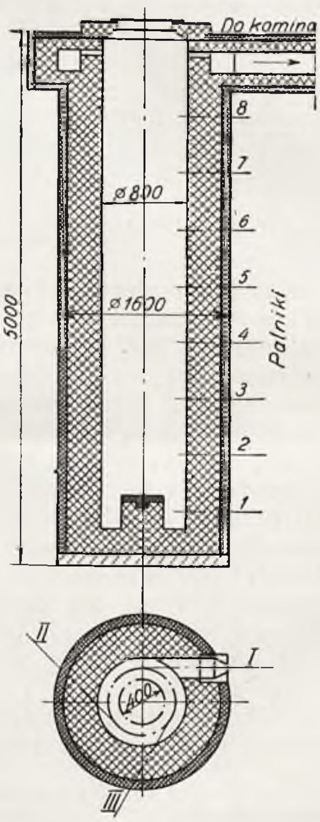
5) Piece na gaz i powietrze doprowadzane przewodami pracują w najszerszych granicach przy łatwości utrzymania stałej temperatury, jeżeli odloty dają się odpowiednio nastawiać.

Piece z trzonem wózkowym nagrzewają tworzywo jednostronnie, ogrzewane przedmioty trzeba obracać. Obracanie mniejszych przedmiotów lepiej wykonać bez wyciągania wózka, cięższe lepiej obrócić suwnicą na wyciągniętym z komory wózku. Piece wózkowe nadają się szczególnie do ogrzewania przedmiotów nieforemnych i bryłowatych, lub płyt. Wózek powinien być uszczelniony rynną piaskową, umieszczoną na wózku, a nie w ścianie pieca, gdyż w ostatnim wypadku trudno dodawać piasku do rynny. Wózek wyciąga się windą, cofać go można najlepiej poluźniając linę, po pochylonych w kierunku pieca szynach.

Do obróbki termicznej części walcowych wygodniej używać pieca szybowego, w którym zawiesza się przedmiot lub kilka przedmiotów pod sobą. Unika się nietylko obracania części na trzonie, ale zwłaszcza w wypadku długich wałów, trzpieni i drągów zapobiega się wyginaniu tych części pod wpływem temperatury hartowania.

Równomierne nagrzanie z wszystkich stron skraca czas ogrzewania, a zawieszanie części ułatwia następne hartowanie zapomocą dźwigu.

Rys. 9 podaje schemat pieca szybowego z palnikami na gaz sprężony do ok. 700 *mm* słupa wody, zasysającemi powietrze z zewnątrz. Palniki ułożono w sześciu piętrach po 3 palniki, przyczem co drugie piętro posiada

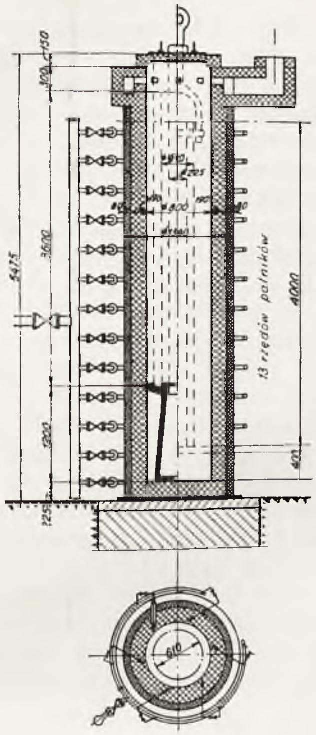


Rys. 10. Piec szybowy

palniki przestawione o 60° względem sąsiednich pięter. Gaz opuszcza palniki stycznie do obwodu wnętrza pieca i ruchem spiralnym omywa wsad, uchodząc z pieca pod okap z kominem. Regulacja temperatury polega na dławieniu gazu. Piec jest izolowany warstwą grubości 120 *mm*.

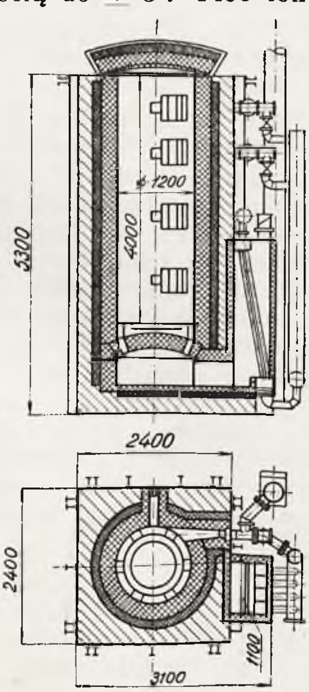
Rys. 10 przedstawia piec szybowy o palnikach na sprężone powietrze, ustawionych stycznie do przedmiotu ogrzewanego. Powietrze doprowadza się pod ciśnieniem около 0,12 — 0,15 *atm*, a dzięki pierścieniowemu ułożeniu kanału odciągowego u góry pieca, ułatwiono spiralny ruch spalin wokół nagrzewanego przedmiotu.

Rys. 11 podaje podobny piec, lecz opalony 78-ma palnikami na sprężoną mieszankę gazową. Tak duża ilość palników pozwala



Rys. 11. Piec do ulepszania

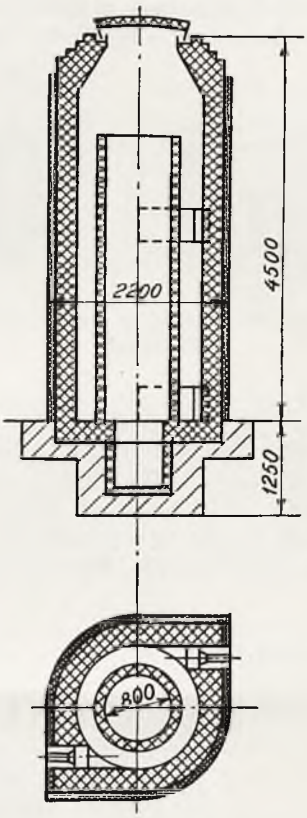
regulować piec w granicach 300 do 1000° z dokładnością do ± 5°. Piec ten służyć mo-



Rys. 12. Piec rekuperatywny

że do ulepszania a równocześnie i obsadzania luf działowych. W ostatnim wypadku posiada urządzenie do chłodzenia obsad, dające się wyciągać, a naszkicowane na lewej stronie rys. 11.

Rysunek 12 przedstawia piec szybowy o 4 palnikach smoczkowych, pracujących gazem podgrzanym w rekuperatorze. Ze względu na jednostronne ustawienie palników, wskazane jest obracanie wsadu na podwie-



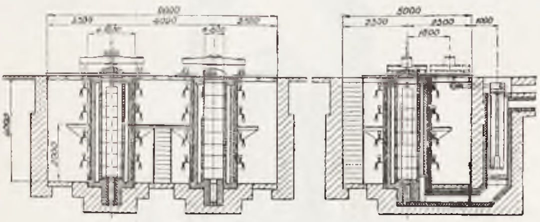
Rys. 13. Piec półmuflowy

szeniu. Regulacja temperatury tego pieca polega głównie na dozorowaniu ilości zimnego i gorącego powietrza, dopływającego do paleniska. Piec ten pracuje bardzo małym rozchodem paliwa (5—6%) bo ok. 200—250 m^3/godz. jednak utrzymanie temperatury w granicach ± 10° wymaga dużego wyszkolenia obsługi, bardzo stałego składu gazu i wyskalowania zaworów zimnego i gorącego powietrza. Wszystkie opisane piece posiadają pewną wadę, a mianowicie spaliny stykają się bezpośrednio z wsadem, co oczywiście powoduje tworzenie się zendry i powierzchownie wpływa na tworzywo przez odwęglenie, albo ewentualnie utlenianie i nasiarczanie.

Rys. 13 podaje jeden z sposobów, zmierzających do zmniejszenia działania spalin na wsad przez odgraniczenie strefy spalania od wsadu przez wstawienie półmufla, odgraniczającego wsad od strefy spalania. Dzięki stosowaniu zasad teorji hydraulicznej, otrzymujemy naturalny ruch gazów z 4 palników niskoprężnych ku górze i opadanie spalin przez półmufel ku czopuchowi. Mufel sprzyja utrzymaniu stałej temperatury, stanowi jed-

nak też i o większej bezwładności zmian temperatury pieca. W razie konieczności zmiany temperatury pieca, zaleta akumulacji ciepła staje się wadą. Piec daje się regulować w granicach $550^0 \div 950^0$ i zużywa gazu ($6 - 8\%$) 600 — 900 m^3/godz.

Rys. 14 przedstawia urządzenie do masowej obróbki termicznej ciężkich części. Dwa jednakowe rekuperatywne piece muflowe na-



Rys. 14. Urządzenie dwóch pieców muflowych do ulepszania

stawia się jeden na temperaturę hartowania, drugi na temperaturę odpuszczania. Raz ustawioną temperaturę utrzymuje piec bardzo długo i dzięki mufli i dzięki używaniu ogrzanego powietrza. Przestawienie pieca na inną temperaturę wiąże się zawsze z pewnemi trudnościami, zabierającemi czas. W wypadku masowej produkcji piec pracuje prawie bez regulacji.

Wnioski:

Podano kilka przykładów konstrukcji pieców o trzonie wózkowym, opalanych węglem bezpośrednio, lub półgazowo i opalanych gazem. Części nieforemne można dobrze ogrzewać w takich piecach, jednak trzeba je na trzonie obracać. Ruchomość trzona sprzyja szybkiemu ładowaniu i obracaniu przedmiotu. Części długie ogrzewa się w piecach szybowych, których przykłady również podano. Do celów wyżarzania mogą wystarczyć piece półgazowe, do celów hartowania użyć trzeba gazu. Piece szybowe buduje się tylko na opalanie gazem lub ropą. Duża ilość palników sprzyja dokładności regulacji pieca, trzeba jednak umożliwić i regulację biegu spalin przez zasuwy w przelotach. Stosowanie rekuperatorów podnosi sprawność termiczną pieca, powoduje jednak pewną b zwładność regulacji. Piece muflowe utrzymują łatwiej stałą temperaturę, jednak tem samem trudniej je przystosować do zmiennych wymagań w razie różnorodności wytwórczości.

Prof. Cz. GRABOWSKI.

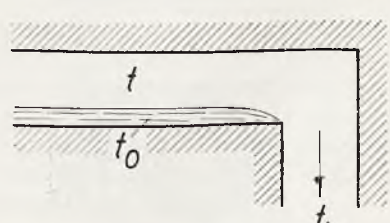
ZASADY HYDRAULICZNEJ TEORJI CIĄGU NATURALNEGO

(Por. *Technika Cieplna*, str. 189, 1931).

A ponieważ Jeśman przyjmuje że $\gamma_0 = \sim \gamma_p$, więc moglibyśmy przyjąć, że np. p_B i p_C są to ciśnienia atmosfery na tych samych wysokościach, (jak to pokazano na rysunku 57)

W warunkach tych wytworzenie ciśnienia p_B = atmosferycznemu na tym samym poziomie $B^1 B$ byłoby rezultatem odpowiedniego umieszczenia paleniska [1]).

Tak więc w wyżej podanych warunkach praca komina byłaby znacznie] ułatwiona, lecz stałoby się to kosztem utworzenia się w piecu martwej przestrzeni szkodliwej o wysokości $H - h = h : 2$. Należy zatem tę przestrzeń szkodliwą zamurować, pozostawiając wysokość H^1 komory taką, by nie była ona większa od wyżej określonej (według równ. 102 lub 95) wysokości h_{max}, t.j. poszukiwana wysokość pieca będzie $H^1 \leq h_{max}$.



Rys. 59

Wtedy będziemy mieli pewność, że warstwa nieruchoma tworzyć się w kanale nie będzie, o ile wytwarzamy *nie mniej niż* $V\ m^3/sek$ gazów o temperaturze t^0 C i komin będzie w stanie gaz ten przez kanał prze-

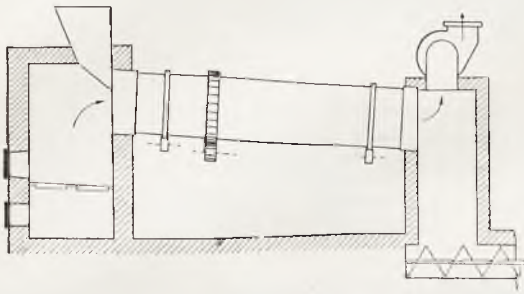
1) Rozumowania nasze nie ulegną zasadniczej zmianie, jeżeli rozpatrywać będziemy nie wypadek graniczny, gdy $t_0 = \sim 0$, lecz wypadki, gdy jest to temperatura znacznie wyższa, np. 100^0, 200^0 lub 500^0. Weźmy dwie instalacje, przez które przepływa jedna i ta sama ilość gazu $V\ m^3/sek$ o tej samej temperaturze t, lecz wskutek warunków technologicznych w jednym piecu temperatura warstwy nieruchomej jest $t_0 = 0^0\,C$, w drugim $t_1 > t_0$, a zatem odpowiednia wysokość prądu będzie $h_1 > h$ (jak to wyjaśniliśmy wyżej), tj. w wypadku drugim większą będzie wysokość warstwy nieruchomej $H_1 - h_1 = h_1 : 2$. Gdy t_1 nie możemy uważać za 0^0 C, to w zastępczym układzie wodnym wysokość komina dodatkowego będzie tak samo

$$b_1 - c_1 = (H_1 - h_1)\ \frac{\gamma_1 - \gamma}{\Delta},$$

lecz będzie to wartość mniejsza od $(b - c)$.

ciągnąć. Gdyby jednak zaszła potrzeba zmniejszenia produkcji gazów, to znów może powstać niebezpieczeństwo tworzenia się owych przestrzeni martwych.

Prof. Grum-Grzymajło zebrał dane z całego szeregu fabryk i doszedł do wniosku, że te piece, w których $H^1 \leqslant h_{max}$ pracowały dobrze, zaś piece, których wysokość była większa od h_{max} zużywały zbyt wiele paliwa i dawały produkt niedostatecznie wyżarzony. Dla tego też nie wdając się w bliższe rozważania nad podstawami fizycznemi wzoru Jeśmana, Grum-Grzymajło twierdzi, że słuszność tego wzoru została doświadczalnie stwierdzona.



Rys. 60

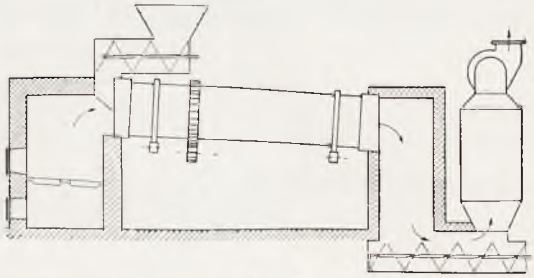
Wyżej podane wykłady matematyczne komplikują się w wypadkach, 1) gdy temperatury prądu gazów t nie możemy traktować jako stałej, 2) gdy gazy usuwamy z kanału lub komory dołem, jak to pokazano na rys. 59.

W pierwszym z tych dwóch wypadków, jak widać z równania 95, wraz ze spadkiem temperatury t dopuszczalna wysokość h wzrasta, a zatem przy projektowaniu pieców obliczać ją należy na temperaturę najwyższą, tj. na temperaturę gazów wchodzących do kanału lub komory.

Z rysunku 59 widzimy, że *gazy nieruchome nie mogą* być *cięższe* od gazów usuwanych z dna kanału (gdyż jako cięższe spłynęłyby wdół wcześniej niż gazy lżejsze), a więc $t_0 > t_k$, gdzie t_k — temperatura gazów usuwanych przez dno kanału. Tak więc w wypadku tym należałoby stosować wzór 102, lecz ponieważ (jak widać z równ. 103) wzór 95 daje wartość h mniejszą niż wzór 102, więc i tutaj wzór 95 może być stosowany do praktycznego określenia dopuszczalnej wysokości h pieców poziomów lub innych podobnych aparatów.

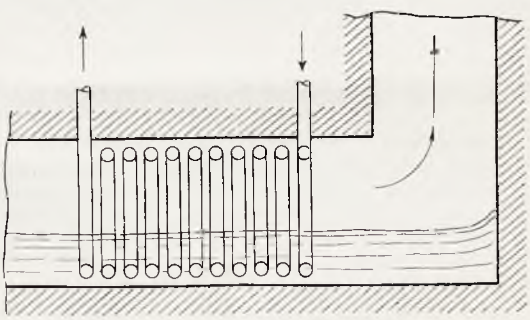
Jak widzimy z rysunku 59, *usuwanie gazów przez dno* poziomego kanału na pewnej choć niewielkiej odległości od wylotu powiększa czynną wysokość h komory lub kanału i jak dopiero co powiedzieliśmy, ogranicza spadek temperatury t_0 (do t_k), a więc osłabia szkodliwe działanie martwej przestrzeni pieca lub innej poziomej komory. Dla tego też ten system usuwania gazów odlotowych należy uważać za jedynie racjonalny nietylko w piecach, ale i w suszarniach kanałowych, bębnowych itp. aparatach.

Na rysunkach 60 i 61 widzimy dwie suszarnie pracujące gazami spalinowemi, otrzymanemi we własnych paleniskach. Pierwsza (rys. 60) z nich posiada nieracjonalne usuwanie gazów, druga (systemu Büttnera rys. 61) racjonalne.



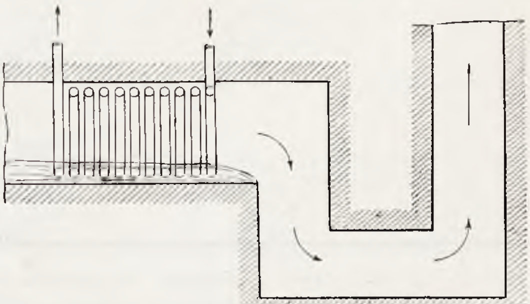
Rys. 61

Jasną jest rzeczą (jak to widać z rysunku 53 b), że w kotłach parowych ze zbyt szerokiemi bocznemi kanałami część powierzchni ogrzewalnej może pozostać niewyzyskana. To samo można powiedzieć i o ekonomizerach ustawianych w kanale poziomym u wylotu gazów do komina (rys. 62 a, b).



Rys. 62 a

Prawdopodobnie szereg niepowodzeń, na jakie narażany bywa przemysł, stosując aparaty poziome, przez które przepływają gazy, objaśnić można wyżej omówionemi przestrzeniami martwemi. W wielu wypadkach pomocnem okazać się może usuwanie zimnych



Rys. 62 b

gazów ze spodu komory. W wypadku tym cięższe gazy utworzą zamknięcie analogiczne do *zamknięć hydraulicznych* pokazanych na rysunkach 41 i 42 (rozdz. 10). Podobnie do tego jak w skraplaczu barometrycznym lub w płuczce do gazu *zamknięcie wodne* nie dopuszcza powietrza atmosferycznego do komory aparatu, znajdującej się pod ciśnieniem niższem od atmosferycznego, tak samo cięższy gaz opadający z dna komory nie wypuszcza z tej komory lżejszych jeszcze nie ostudzonych gazów i zmusza je do dalszego oddawania swego ciepła wewnątrz aparatu [1]).

Lecz pełne zabezpieczenie poziomego aparatu od powstawania w nim dolnych warstw gazów zimnych i nieruchomych otrzymamy dopiero wtedy, gdy wysokość komory odpowiada wymaganiom równania Jeśmana (95 lub 102).

(D. c. n.).

PRZEGLĄD WYTWÓRCZOŚCI

1. Instalacje cieplarek Ruths'a.

Dyrekcja Elektrowni Miejskiej w Brukseli w marcu r. ub. podjęła rozbudowę elektrowni swej przy pomocy instalacji Ruths'a obejmującej 6 akumulatorów cieplnych systemu Ruths'a po 335 m^3, dostarczających parę do wytwarzania mocy 12,000 *kW*.

Z 26 instalacyj Ruths'a czynnych w elektrowniach rozmaitych miast, instalacja Brukselska jest drugą z rzędu co do wielkości. Największa instalacja taka znajduje się w elektrowni w Charlottenburgu i składa się z 16 akumulatorów Ruths'a po 312,5 m^3, dostarczających pary do pokrycia obciążenia wysokości 50,000 *kW*.

2. Produkcja walczaków kotłów wysokoprężnych.

Znane wytwórnie Vereinigte Stahlwerke, A. G. w Düsseldorfie, z okazji wykończenia pierwszego tysiąca walczaków wysokoprężnych, wydały specjalną jednodniówkę z której dowiadujemy się, że wyprodukowane przez nie walczaki zostały zainstalowane w nasępujących krajach:

w Niemczech	702	szt.
„ Ameryce Połudn.	62	„
„ Austrji	49	„
„ S. S. S. R.	47	„
„ Polsce	42	„
„ Szwajcarji	19	„
„ Belgji	18	„
w Francji	17	szt.
„ Italji	14	„
„ Czechosłowacji	14	„
„ Szwecji	8	„
„ Rumunji	4	„
„ Portugalji	3	„
„ Anglji	1	„

Według ciśnienia walczaki dzielą się w sposób następujący:

do 19 *atn*	wykonano	60	szt.
20 — 24 *atn*	„	20	„
25 — 29 *atn*	„	60	„
30 — 34 *atn*	„	160	„
35 — 39 *atn*	„	480	„
40 — 44 *atn*	„	190	„
45 — 100 *atn*	„	30	„

[1]) Mamy więc tutaj przykład zamknięcia gazowego, stanowiącego poszczególny wypadek zamknięć płynnych.

Zamknięcia gazowe znajdujemy w całym szeregu aparatów przemysłowych, w których gazy stykają się z cieczami. Mają one nieraz cel odwrotny od wyżej omówionych zamknięć hydraulicznych, a mianowicie niedopuszczenie cieczy do przewodów lub komor gazowych. Zamknięcia takie np. stosować należy przy wszelkiego rodzaju bełkotach, doprowadzających gaz wewnątrz cieczy.